

대한건축사협회 우수건축자재 추천 기술설명서  
(결정체성장형 자가치유 콘크리트 방수시스템)

(주)칠만페네트론

대한건축사협회

우수건축자재

추천

기술설명서

(주)칠만페네트론

# 목 차

## 1. 신청기술 개요

1.1. 신청기술 명칭 .....	4
1.2. 제품규격 .....	4
1.3. 특허번호 .....	4

## 2. 신청기술 내용

2.1. 신청기술내용 .....	4
2.2. 신청기술 특징 .....	5
2.3. 신청기술활용범위 .....	6

## 3. 신청기술의 핵심요소 및 기술내용

3.1. 기존기술의 문제점 .....	7
3.2. 신청기술 개선안 .....	9

## 4. 심사기준 설명서

4.1. 친환경성 .....	11
4.2. 성능 .....	12
4.3. 경제성 .....	13
4.4. 진보성 .....	15
4.5. 시공성 .....	15
4.6. 내구성 .....	16
4.7. 유지관리성 .....	18
4.8. 종합의견 .....	18

## 1. 신청기술 개요

### 1.1 신청기술 명칭

결정체 성장형 자가치유 콘크리트 방수시스템

### 1.2 제품규격

페네트론 어드믹스(Penetron Admix)

### 1.3 특허번호

제10-1368992(콘크리트 혼입용 분말형방수제)

### 1.4 관련 인증서

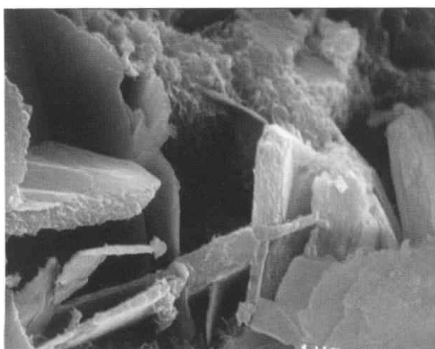
- 1) 한국산업표준 KS F 4926 콘크리트 분말형 혼입방수제
- 2) NSF 61(미국 국제위생안전기관 National Sanitation Foundation)
- 3) CE (유럽연합<EU>통합안전인증 Communaute Europeenne Marking)
- 4) ACI(미국콘크리트학회 American Concrete Institute)

## 2. 신청기술 내용

### 2.1 신청기술 내용

본 신청기술은 콘크리트 제조 시에 결정체 성장형 자가치유 혼화제(제품명:Penetron Admix)를 혼입함으로써 콘크리트 구조체를 영구적으로 수밀하게 만들기 위한 수밀화 콘크리트 제조용 분말형 혼화재료 혼입 공법으로 본 신청기술이 적용된 콘크리트는 일반 콘크리트보다 치밀한 미세 구조를 만들어 『콘크리트 자체의 방수성(수밀성)이 향상』 될 뿐만 아니라 콘크리트의 숙명적 결함인 콘크리트 균열부 및 이어치기부 누수 발생시 결정체 성장형 방수성 물질의 생성에 따른 『자가치유기능(Self-Healing)의 활성화』로 균열 폐쇄 작용을 촉진시켜 지속적인 방수 성능을 확보할 수 있고 콘크리트의 건조수축이 억제되어 『균열생성이 감소』하며 콘크리트의 『압축강도 및 내구성이 향상』되는 특징을 가지고 있다.

[사진1] 일반콘크리트와 페네트론 어드믹스 콘크리트 조직비교





## 2.2 신청기술의 특징

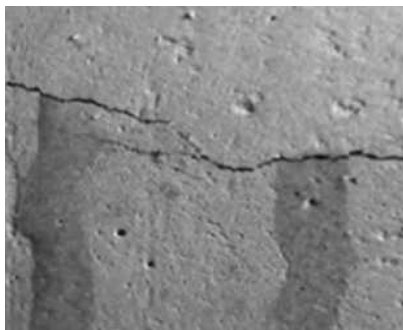
### 1) 수밀한 고강도 고내구성의 콘크리트를 만들어 준다

신청기술의 미세분말형태의 다양한 유·무기화학 복합물질들이 콘크리트 속에서 불용성 겔을 만들어 콘크리트 속의 공극과 모세관, 미세한 균열부를 밀실하게 충전하여 화학적 침식으로 부터 콘크리트를 보호하고 중성화 및 높은 수압에 대한 저항성을 갖게하여 수밀한 고강도 콘크리트를 만들어주고 콘크리트 내구성을 획기적으로 증진시킨다.

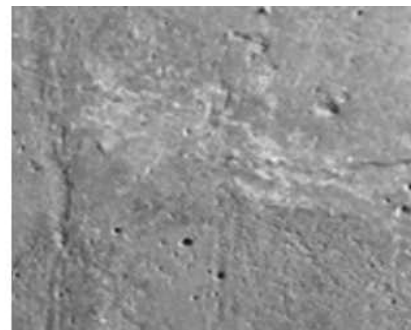
### 2) 콘크리트 균열에 대한 자가치유성(Self-Healing)

내, 외부의 환경적 요인으로 인하여 콘크리트에 균열이 발생하고 누수가 진행될 경우 성장형 결정체가 재활성화 되어 미세공극과 균열부를 메워주는 『자가치유성능(Self-Healing)』을 발현함으로써 결함이 발생된 부위에 대한 자가치유를 통하여 불투수층의 콘크리트 구조물을 계속적으로 유지할 수 있도록 최적의 상태를 만들어 준다.

[사진2] 균열에 대한 자가치유성(Self-Healing)



▶ 누수상태



▶ 자가치유(Self-Healing)



▶ 전자주사현미경으로 본 균열부 결정체 성장형 침상구조



### 3) 영구적인 성능발현

콘크리트속의 모세공극을 수밀하게 하거나 균열을 폐쇄하는 자가치유성능(Self-Healing)은 페네트론 어드믹스(Penetron Admix)에 포함된 성장형 결정체가 수분 및 미수화된 시멘트와 반응하는 사이클이 영구적으로 반복되기 때문에 수밀성이나 내화학적, 내구성이 필수적이어야 할 콘크리트 구조물의 요구 성능을 영구적으로 지속시켜 준다.

## 2.3 신청기술 적용범위

신청기술은 상대적으로 습기와 물과의 접촉이 빈번하며 높은 수압이 작용하는 환경하에 시공 및 사용되는 콘크리트 구조물에 있어 구조물이 처한 환경적 요인에 의해 균열에 의한 누수발생, 그에 따르는 내구성의 저하 우려가 콘크리트 구조물의 수밀성(방수성)을 제고하고 균열발생억제 및 균열 발생시 대응력(균열자가치유 Self-Healing)을 동시에 확보함으로써 장기적으로 콘크리트 내구성을 개선하기 위해 적용된다.

본 신청기술이 적용될 수 있는 구체적 범위를 정리하면 다음과 같다.

### ◆ 대심도 지하콘크리트 구조물

지하철, 지하도, 지하공동구, 터널 및 지하연결통로

### ◆ 수리구조물의 저수조 및 수로, 시설구조물

음용수 처리시설, 오폐수 처리시설, 아쿠아리움 및 수영장, 수로 및 저수시설

### ◆ 항만, 해안 및 하천 인접지역의 콘크리트 구조물

항만시설 및 도크, 댐, 교량

### ◆ 중대형 지하 건축구조물

지하실, 지하주차장, 공동구, 연결구, PIT 등

### ◆ 기타 높은 수압 및 누수요인이 큰 환경하의 콘크리트 구조물

### 3. 신청기술의 핵심요소 및 기술내용

#### 3.1 기존기술의 문제점

방수공사는 방수층을 형성하는 방법에 따라 전면에 걸쳐 시공하는 전면방수공법과 부재와 부재사이의 접합부 또는 균열이나 이어치기 부분 등 누수결함의 발생이 예상되는 부위에 시공하는 선방수(지수)공법으로 나눌 수 있다.일반적으로 방수공사라고 하면 전자의 전면방수 공법을 지칭한다.

현재 국내에서 널리 사용되고 있는 기존의 주요 방수기술은 건축물을 구성하는 주요구성원이 나 방수층이 시공되는 바탕재인 콘크리트 자체의 방수성능에 대한 개성을 포함하지 않고 있다. 따라서 방수층에 결함이 발생하는 경우 콘크리트 구조물의 방수성능이 현저하게 감소하는 문제점을 가지고 있다. 또한 방수공법 자체에 의한 결함뿐만 아니라 바탕재인 콘크리트가 방수성능의 부족으로 다량의 수분을 포함하는 경우 또는 양생과정에서 건조수축 등에 의해 균열이 발생하는 경우와 같이 콘크리트의 결함으로 방수층의 균열, 박리, 들뜸 등 방수 성능 저하가 발생할 수 있는 문제점을 가지고 있다.

[표1] 방수공사 하자분류 목록(대한건축학회 논문집 21권 2호 pp125 ~ 130)

항목분류 (항목수)	항 목
공법별 (6)	액체방수, 도막방수, 시트방수, 아스팔트방수, 침투성방수, 기타
공법에 따른 하자발생 원인 (7)	모체의 균열, 발수층의 건조수축 및 온도팽창, 방수층의 모체와 접착불량, 방수층의 외부충격 및 손상, 방수 재료의 불량 또는 부적합, 방수작업불량, 방수 후 양생 불량
부위별 (5)	옥상, 지하, 화장실 및 욕실, 내벽, 외벽
바탕면 (5)	바탕의 균열, 바탕의 건조부족, 바탕과 방수재의 접착성, 프라이머칠 누락, 바탕손질 및 청소불량
시공작업 (5)	방수작업 시방준수불량, 피막자체의 결함, 접합부 결함, 타재료 공정에 의한 손상, 내구성부족
설계사항 (4)	방수사양 및 공법선택 부적합, 누름층의 거동, 물구배 부족, 신축대비 미비
사용재료 (5)	방수제품 자체의 불량, 피막자체의 결함, 접합부 결함, 타재료 공정에 의한 손상, 내구성부족
현장관리 (7)	품질관리인식부족, 작업지시자 검사소홀, 작업자의 작업의식부족, 작업자의 기능부족, 작업자간 연계성 부족, 작업공정관리 잘못, 드레인 설치 및 구멍 뚫기 등 후속공정 오류
방수공사 관련주체 (6)	작업반장, 작업자, 공사관리자, 설계 및 설계자, 현장작업여건, 공사비
방수공사 관련요소 (5)	재료결함, 시공결함, 설계결함, 작업자능력결함, 관리감독자능력결함
방수공사 우선요소 (6)	공사금액, 공사기간, 공법선정, 품질관리수준, 작업자기능향상, 신공법 개발
품질관련 (6)	발주자의 품질관리지원현황, 실시현황, 적극성, 새로운 제도의 도입 필요성, 품질관리의 공사기여도, 품질관리 이해도

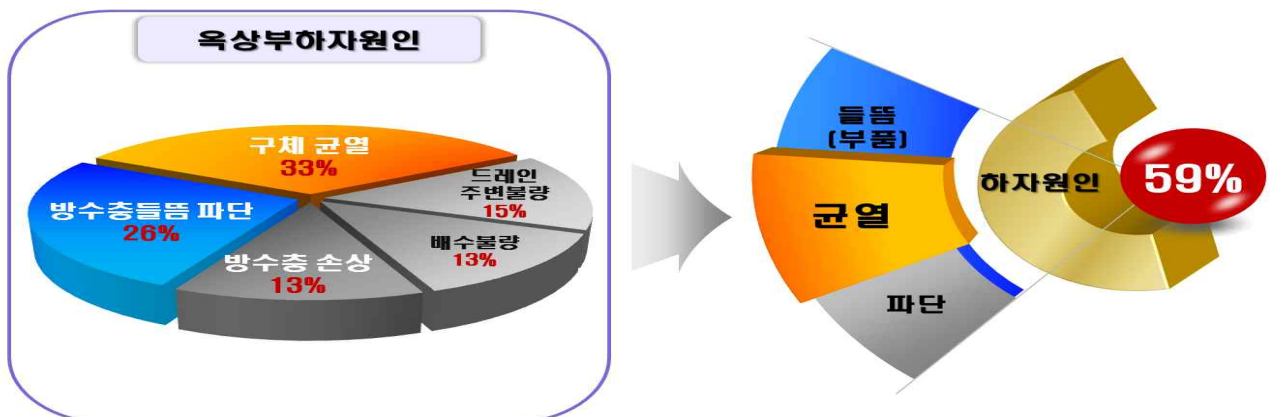
[표2] 공법별 하자발생 현황(대한건축학회 논문집 21권 2호 pp125 ~ 130)

순위(가중치) 공법	1순위 (5점)	2순위 (4점)	3순위 (3점)	4순위 (2점)	5순위 (1점)	하자 점수	하자 백분율 (%)
액체방수	27	2	2	0	2	151	30.5
시트방수	2	19	4	4	4	110	22.2
아스팔트방수	2	2	15	4	10	84	17.0
침투성방수	0	6	7	19	1	81	16.4
도막방수	2	4	5	6	16	69	13.9

이와 함께 그림1 은 전체 방수공법별 하자유형을 비교한 것으로 전체 하자발생 건수의 약 59%가 콘크리트 바탕면과 관련된 것이다. 이러한 결과는 기존의 방수공법이 비록 방수성이 뛰어난 방수층을 형성하지만, 바탕재인 콘크리트 자체의 방수성은 전혀 향상시키지 못하기 때문이다.

또한 그림2 는 현장에서 방수공정 시공시 발생하고 있는 주요 문제에 대하여 기술하였다.

[그림1] 방수 하자발생 유형]



2005 대한건축학회 논문집

[표3. 방수공정시 현장에서 발생하고 있는 문제]

항목	문 제 점	결과
공사기간	콘크리트 양생 후 공정이 시작	공기지연
공 사 비	복잡한 반복공정으로 인건비 증가	공사비의 증가
방수재료	현장 계량 배합 및 시공	품질의 불균형
시 공	작업인부의 기능도에 따라 성능좌우	부실시공 우려
현장관리	재료수급 및 인력관리 필요	현장관리 복잡

### 3.2 신청기술 개선안

현실적으로는 이러한 수밀 콘크리트의 설계개념과 시공기술의 부족으로 부득이하게 멤브레인 계 방수에 의존하고 있는 실정이다. 그러나 콘크리트의 내구성이 중요시하게 인식되면서 콘크리트 자체의 방수성을 향상시켜 안정적인 방수성능을 확보하고 내구성을 발휘하는 재료에 대한 연구가 전 세계적으로 진행이 되고 있으며 이와 함께 콘크리트의 수밀성을 높이고 균열저감효과와 자가치유기능을 얻을 수 있는 결정체 성장형 자가치유 콘크리트 방수시스템은 미국 콘크리트 학회 및 유럽인증을 통하여 이미 전 세계 60여국에서 널리 사용되어 지고 있으며 우리나라에서도 국내재료 및 현장여건에 맞추어 소화개량한 후 다수의 콘크리트 구조물에 사용되고 있다.

[표4. 신청기술 개선안]

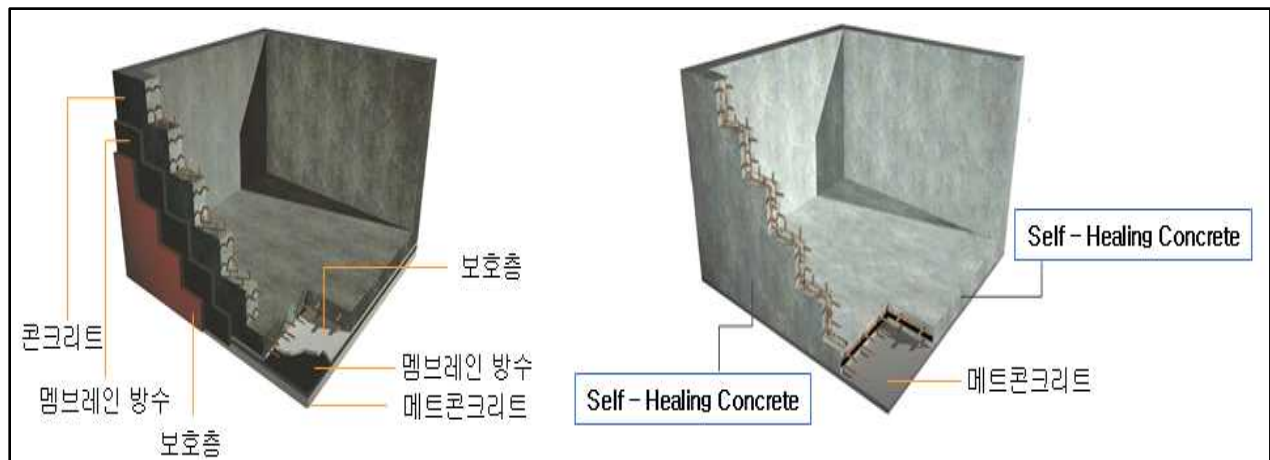
재료기술	개선효과
침상의 수화생성물과 CSH겔 반응의 무기결정체 방수	방수성 향상(1차)
성장형 결정체와 미수화된 시멘트 반응에 의한 유기복합방수	방수성 수밀성 향상(2차)
성장형 결정체의 재활성화로 균열부 및 결함부 충전 폐쇄	자가치유성능(3차)
유,무기복합 반응 및 자가치유성에 의한 방수성능 지속	영구적 방수
방수,방식,방청성으로 콘크리트 중성화 방지 및 철근보호	내구성 증진
구조체 표면에 손상이 발생하여도 방수 및 내화학적 유지	방수 및 내구성 증진
건조수축이 큰 모노설페이드 생성억제 및 블리딩 감소	건조수축 및 균열저감
염화물에 의한 화학적 저항성능 우수	내화학적 내구성 증진
무독성으로 음용수 기준 충족(NSF 61인증)	인체무해성

시공기술	적용효과
레이콘 공장에서 정량계량 및 혼합	품질안정성(혼합균일성)
현장다설과 동시에 방수,방식공정 마감	공정간소화(경제성) 현장대응성(인력관리등)

최근 지하구조물에서의 방수·방식 기술의 적용에는 많은 문제점들과 한계가 있고 점점 밀집되어가는 도심지의 공사에서 작업 공간의 확보가 어려워지고 지구온난화와 환경파괴로 인한 국지성 호우로 방수·방식층의 바탕이 되는 콘크리트의 함수율문제로 인하여 멤브레인계열의 방수재에 대한 품질관리와 시공관리를 정해진 시방에 따라 관리하는 것은 불가능해졌다고 할 수 있다.

특히 벽체부위 시공의 경우 도막형태의 재료들은 흘러내림으로 인하여 방수를 요하는 최소 시공두께 확보가 어려워졌고 시트형태의 재료들은 시트간 부착문제 및 고정 불량으로 인한 처짐 등의 문제와 함께 3D업종에 대한 기피현상으로 말미암아 기술자부족 및 기능 인력의 기술력 저하로 인하여 지하구조물의 누수사고는 건축구조물의 복잡 다양함과 함께 더욱 증가되고 있는 실정이다.

이와 같은 다양한 건설현장의 환경변화에 따라서 결정체 성장형 자가치유 콘크리트 방수 방수시스템은 대두되고 있는 건설시공문제에 대한 대안공법으로서도 현안문제에 대처할 수 있는 적합한 공법이라고 할 수 있다.



[그림2] 지하구조물 적용 예시



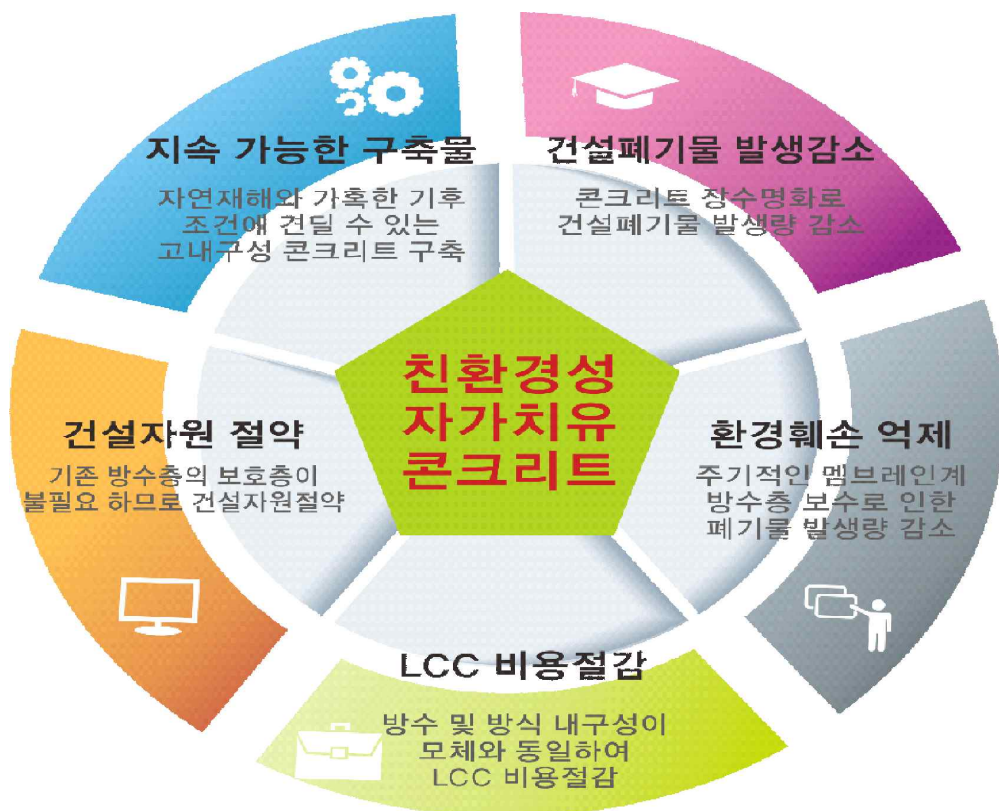
## 4. 심사기준 설명서

### 4.1 친환경성

신청기술에 사용되는 결정체 성장형 분말혼화제는 유,무기복합화합물로 구성되어 방수성과 내구성을 필요로 하는 구조물의 콘크리트 배합에 적용하여 시공함으로써 콘크리트 수밀성을 크게 증진시키고 균열생성을 억제하여 구조물의 품질과 장기적인 안정성을 확보하는 기술이다.

따라서 본 신청기술을 적용한 구조물은 콘크리트의 균열억제를 위하여 사용하는 팽창제 및 수축 저감제를 사용하지 않아도 되며 균열생성 및 누수에 의한 추가적인 보수공사의 발생빈도를 크게 감소시킬 수 있다. 또한 구조물에 방수성능을 부여하기 위하여 시공 후 실시되던 별도의 방수시공 과정에서 각종 유해물질(휘발성 유기용제 및 각종 산업폐기물)의 발생이 불가피 하나 본 신청기술은 별도의 방수시공 과정이 생략될 수 있어 각종 유해 물질의 발생을 근본적으로 방지할 수 있다.

향후 건설하는 SOC관련 시설물에 시공범위를 확대 적용하여 콘크리트 내구성을 증대시킴으로써 구조물의 장수명화에 따른 건설폐기물 발생량과 오염물질의 발생을 감소시켜 건설자원을 절약하고 친환경적인 구축물을 실현하여 환경을 보호하고 자연을 보존하는 친환경성을 기대할 수 있다.



[그림3] 자가치유 콘크리트의 친환경성

## 4.2 성능

신청기술이 적용된 콘크리트의 성능평가를 위하여 공인시험기관에 의뢰하여 신청기술의 조성 물을 첨가하여 제조된 콘크리트를 대상으로 한 품질평가를 실시하였다.

공인시험기관에 의뢰하여 성능평가를 수행한 결과 결정체 성장형 자가치유 콘크리트 방수 재 조성물의 성능은 KS F 4926 전항목에 동등 이상의 수준을 나타내는 것으로 확인되었고 방수성능과 가장 밀접한 관련성이 있는 수압테스트 및 자가치유성 테스트를 통하여 기존 기술을 상회하는 것으로 나타났다.

[표5] 콘크리트 혼입용 방수재 시험(KS F 4926)

시험항목		단위	품질기준	결과치	시험방법
응결시간차	초결	분	-60 에서 +60	+40	KS F 4926 : 07 [콘크리트 혼입용 방수재]
	종결			+40	
경시 변화에 따른 공기량 변화		%	±1.5이내	-0.8	
길이 변화율		%	0.1이하	0.03	
동결융해에 대한 저항 성능	상대 동탄성 계수	%	80 이상	93	
	재형 28일 압축 강도 비율			97	
탄산화 깊이비		-	기준 콘크리트의 0.8 이하	0.68	
압축강도비	재형 7일	-	기준 콘크리트의 1.0 이상	1.14	
	재형 28일	-		1.31	
물흡수 계수비		-	기준 모르타르의 0.70이하	0.53	
투수비		-	기준 모르타르의 0.70이하	0.57	
염소이온 침투깊이		mm	3.00이하	1.72	

[사진3] 내수압테스트 및 자가치유 실험



시험 콘크리트 하부에서 수압 test 0.1~0.7MPa



수압 테스트 시작 1주일 후



수압 테스트 시작 2주일 후



수압 테스트 시작 3주일 후



수압 테스트 시작 4주일 후



[사진4] 균열발생부위 자가치유성 확인



### 4.3 경제성

신청기술의 경제성을 평가하기 위하여 일반적으로 지하구조물에 적용되는 설계강도 24MPa를 기준으로 신청기술과 기존기술의 공사비를 비교 분석하여 공사비 절감효과를 평가하였다.

[표6] 신청기술과 기존 일반방수기술의 공사비 비교

공 법	단 위		수량	공사비(원/㎡)				비 고
				재 료비	인 건비	경 비	합 계	
도막 방수	㎡		1	18,101	13,317	—	31,418	바탕정리, 보호몰탈 별도
시트 방수	㎡		1	17,440	8,245	—	25,685	비노출 보호몰탈 별도
침투성 방수	㎡		1	4,670	21,952	—	26,622	시멘트, 모래 별도
신청기술 제154호	㎡		1	24,357	17,355	—	41,712	
신청기술 제323호	㎡		1	39,579	18,831	576	58,986	
신청기술 제 326호	㎡		1	25,796	19,397	—	45,193	
신청기술 제 347호	㎡		1	26,821	17,768	—	44,589	
신청기술 제 376호	㎡		1	32,655	14,844	445	47,944	
신청기술 제 413호	㎡		1	25,066	17,564	—	42,630	
자가치유 콘크리트 방수 시스템	T=150mm	Kg	0.52	8,580	652	—	9,232	시멘트량 (350kg/㎡) 의 1% 첨가
	T=200mm	Kg	0.7	11,550	869	—	12,419	
	T=300mm	Kg	1.05	17,325	1,303	—	18,628	
	T=500mm	kg	1.75	28,875	2,172	—	31,047	

신청기술의 공사비를 기존의 일반 방수기술과 비교한 결과 콘크리트의 두께별로 다소의 차이가 있으나 상기 표4와 같이 T=300mm를 기준으로 볼 때 기존 방수기술에 비해 27% ~ 68%의 공사비 절감효과를 갖는 것으로 나타났다.

이와 더불어 신청기술의 적용에 따른 공정의 생략, 공기단축, 유지보수의 편의성 등에 의한 간접적 경제성을 감안한다면 신청기술의 기존 일반방수공법 대비 경제성은 이보다 월등히 높아질 것이다.

최근 콘크리트 구조물의 내구성에 대한 관심과 중요도가 커지고 있다. 내구성에 대한 관심과 중요도가 커지는 이유는 여러 가지가 있지만 시공 비용 절감에만 집중하고 있던 시선에서 벗어나 생애주기비용(LCC)의 절감과 가치공학(V.E)의 관점에서 재평가가 필요하다고 인식하고 있기 때문이다.

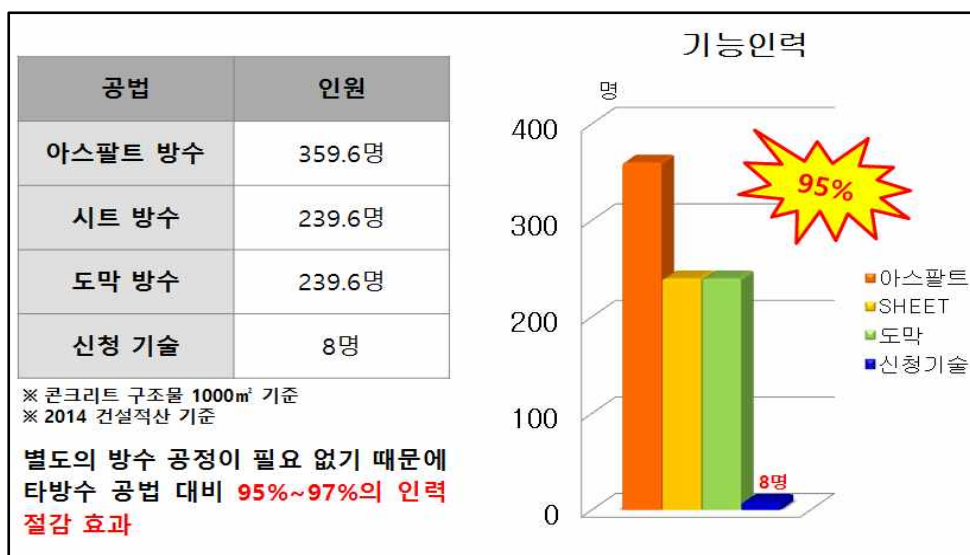
아래 표5 는 주택법에서 설정하고 있는 방수 재료의 내구연한에 따른 수선주기에 대한 내용으로 콘크리트 구조물의 수명 100년을 기준으로 보면 아스팔트 방수공법은 4번, 시트 방수공법은 5번, 도막 방수공법은 6번의 재시공이 필요하다는 계산이 나온다.

신청기술은 시간이 지날수록 콘크리트를 더욱 수밀화 시키는 결정체 성장형 자가치유 콘크리트 혼입공법으로 시공비용 및 생애주기비용(LCC)의 절감과 건축물의 장수명화에 기여하며 가치공학(V.E)에 까지 매우 우수한 경제성을 확인 할 수 있다.

[표7] 방수 수선 주기

◆ 방수 수선 주기(주택법 설정)														○ : 부분보수 , ◎ : 전면보수											
공법 \ 년수	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25				
아스팔트방수				○								○								○	◎				
시트 방수				○								○				◎									
도막 방수	○					○					◎					○					○				
신청기술																									

또한 기능공의 고령화와 3D업종 기피현상으로 인해 건설현장에서 숙련된 기능공을 확보하기가 어려워지고 있다. 신청기술은 타방수 공법에 비해 95%이상 인력 절감효과를 얻을 수 있으며 그림4.는 콘크리트 구조물 1000㎡에 신청기술 적용 시 소요되는 공사기간 중 기능인력을 비교한 것으로 타방수공법 대비 95% ~ 97%의 인력절감의 효과가 있는 것으로 나타났다.



[그림4] 기능인력 비교 그래프

#### 4.4 진보성

콘크리트에 혼입하여 일부 수밀성을 부여하게 하는 성능을 발휘하는 혼화재료는 여러 종류가 있으며 대부분 발수성 분산제에 의한 성능효과를 발휘하거나 폴리머계열에 의한 방수성을 발휘하고 있어 콘크리트 양생 후에도 지속적으로 방수성을 유지하고 있지는 못하고 있다. 또한 콘크리트의 경화 과정과 경화 후 발생하는 수압이나 균열에는 대응하지 못하는 문제점이 있어 단독으로 적용되는 것이 아닌 방수보조재 개념으로 적용되었으며 타방수의 연속시공이 필수적이다.

결정체 성장형 자가치유 콘크리트 방수시스템은 유,무기 복합물질이 콘크리트 속에서 공극과 모세관을 밀실하게 충전하여 화학적 침식으로부터 콘크리트를 보호하고 중성화 및 높은 수압에 대한 저항성으로 모세공극을 수밀하게 하고 균열이 발생할 경우 균열부위를 폐쇄하는 자가 치유성능(Self-Healing)으로 수밀성이나 내화학적, 내구성 등이 필수적이어야 할 콘크리트 구조물의 요구 성능을 영구적으로 지속시켜 준다.

[사진5] 일반콘크리트와 자가치유 콘크리트의 균열자가치유기능 비교

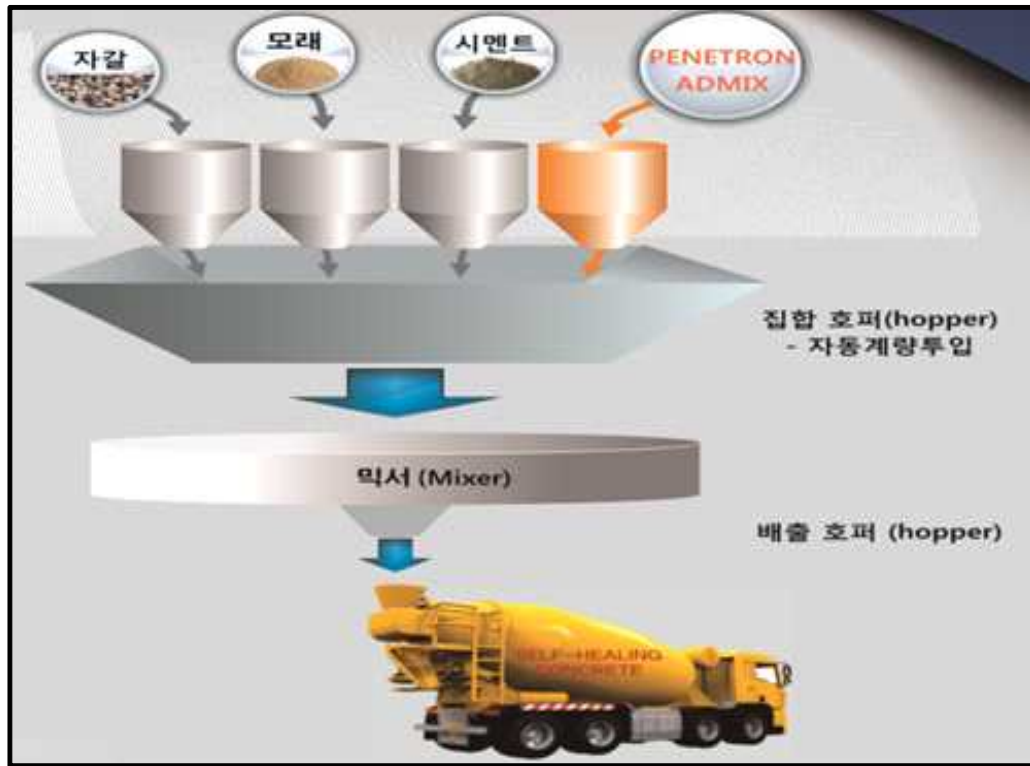


#### 4.5 시공성

기존의 콘크리트 구조물 보호(방수 및 방식) 방법은 대부분 콘크리트 구조물 조성 후 방수·방식 공법을 적용해 왔으나 전·후 공정과의 겹침 및 마찰, 급변하는 기후조건, 기능공의 고갈 등의 문제에 직면해 왔고 복잡한 시공 순서로 인해 시공성이 현저히 떨어진다. 하지만 결정체 성장형 자가치유 콘크리트 시스템은 콘크리트 제조 공장(배치플랜트)에서의 간단한 배합만으로 고내구성의 콘크리트를 만들 수 있고 별도의 방수·방식 공정이 필요 없기 때문에 전·후 공정에 영향을 받지 않고 급변하는 기후에 영향 받지 않으며 특별한 기술을 필요로 하지 않는다.

신청기술을 적용하여 시공한 콘크리트 구조물은 안정적인 방수성과 수밀성을 확보하게 되어 추가적인 방수시공 공정을 생략할 수 있으며 이에 따른 공정의 단순화와 시공기간의 단축효과가 있다. 또한 하자여부를 확인하기 힘든 기존 멤브레인 방수공법과 달리 하자 발생확인 및 신속한 조기대응이 가능하여 유지관리가 편리하고 유지비용을 감소시킬 수 있다

[그림5] 배합시공 도식도



[그림6] 시공법 비교



#### 4.6 내구성

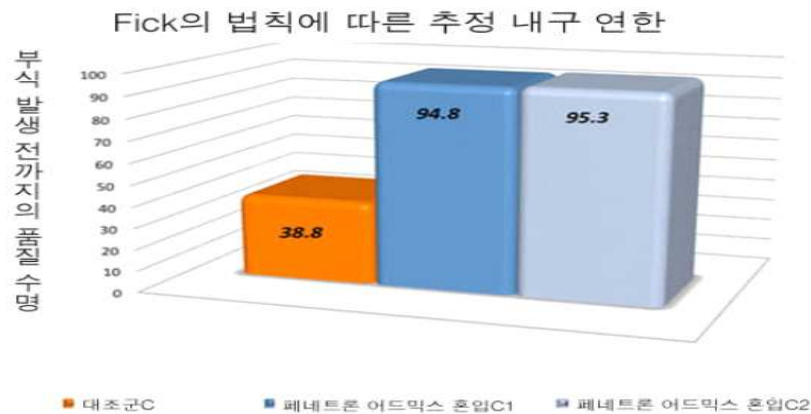
역사적으로 콘크리트 설계자의 관심은 기계적 응력에 대한 저항성, 즉 강도였으나 최근에는 내구성이 중요한 관심 주제가 되었다. 하지만 내구성은 낮은 물/시멘트비, 압축 강도 증가,



시멘트량 증가, 공기 연행제나 방식제 투입만으로는 얻어질 수 없다.

콘크리트의 내구성을 향상시키기 위해서는 낮은 투수성, 수축 감소, 자가치유 그리고 내화학적 등의 특성이 갖춰져야 한다. 자가치유 콘크리트(페네트론 어드믹스)는 이러한 특성을 제공하는 기술을 포함하고 있으며 최근의 실험에서 다양한 콘크리트의 수명을 가혹한 환경에서 부식이 발생되기 전까지 60년 이상이나 연장시킨다는 것을 밝혀냈다.

[그림7] 내구연한 비교 그래프



페네트론 어드믹스가 콘크리트의 내구성에 미치는 영향을 확인하기 위해 독립 실험기관에서 2년이 넘는 기간 동안 전체 연구 과제가 수행되었다. 실험에는 압축강도, 건조 구축, 투수성, 내황산염, 염화물 확산 저항성, 동결 용해 저항성, 자가치유 능력, 결정체 형성의 현미경 관찰 그리고 가장 중요한 자가치유콘크리트의 내구연한 평가가 포함되었다.

이 실험의 결과를 요약하면 다음 표와 같다.

[표8] 시험 항목에 따른 결과표

시험항목	개선된 점	비 고
건조수축 (1년간 길이변화mm/m)	24% 감소	수축균열 감소
황산염 저항성 변화 (ASTM C1012-12)	내적 확산 없음	황산염에 의한 균열 없음
염화물 확산 저항성( $m^2/s$ ) (ASTM C1556-04)	45% 감소	낮은 염화물 확산 계수가 주조물의 내구연한 증대
동결 용해 반복시 길이변화 (%)(Nch 2185 of 92)	10.52% 감소	공기연행제 혼입 필요성 제거
투수성 감소(DIN 1048)	91% 증가	결정체 형성으로 투수성 감소
자가치유 가능한 균열의 폭	0.4mm 이하	신규 균열의 자가치유
압축강도(MPa)	13% 증가	압축강도 증가
내구연한 증대(Fick 법칙)	대조군 대비 60년 증가	방식제 필요성 제거

## 4.7 유지관리성

기존 방수 공법 재료의 내구연한은 15년에서 20년 정도인 것으로 알려져 있지만 현장 적용시 예측 할 수 없는 열화 요인과 자외선 노출, 이질 거동, 열팽창 계수의 차이 등의 이유로 인해 사실상 수명은 2~3년에 그치는 것이 현실이다. 그렇기 때문에 때마다 보수 공사가 필요하게 되고 그에 따른 보수비용이 발생한다. 단순히 건축물 시공비용 뿐만 아니라 계획 단계에서 마지막 해체 작업까지의 비용인 생애주기비용(LCC) 절감의 중요성이 커져가는 요즘 기존 방수 공법의 문제점을 해결할 수 있는 신공법의 개발이 필요했다.

결정체 성장형 자가치유 콘크리트 방수 시스템은 콘크리트의 내구성을 증가시켜줌으로써 유지관리비용을 절감 해주고 방수층과 보호층이 별도로 없기 때문에 하자 발생시 확인과 보수가 용이하다. 또한 자체의 자가치유성능을 통해 0.4mm 이하의 누수 균열을 메워주는 기능으로 별도의 보수를 최소화 할 수 있다.

## 4.8 종합의견

환경문제 대한 의식이 날로 강화되고 있는 오늘날, 지구온난화를 가속화시키는 이산화탄소 발생과 건축폐기물 증가 등으로 환경문제의 중심에 놓여있는 건설 분야에서도 친환경적이고 지속 발전 가능한 건설 재료와 공법의 개발 및 활용이 절실하다.

특히 SOC 관련 철근콘크리트 구조물의 경우 거동이나 동하중에 의한 진동으로 표면균열이 발생할 경우, 물이나 유해한 화학 물질들이 콘크리트 내부로 침투 확산하는 경우 동결팽창은 물론 철근 부식 현상으로 철근이 팽창되어 콘크리트에 균열 및 박리가 발생하게 되면 콘크리트 구조물의 성능을 저하시키고 내구성이 현저하게 떨어진다.

또한 해수지역이나 지하수의 유입이 불가피한 지역의 콘크리트 구조물 혹은 오·폐수 처리 시설인 경우 외부에는 멤브레인(Membrane)계 재료로 방수처리하고, 콘크리트 내부에 표면 도포 처리하는 공법으로는 충분한 방수 및 방식 효과를 얻을 수 없을 뿐만 아니라 내구성에 한계가 있어 주기적 보수 및 재시공해야 하는 문제가 발생하는 바 고내구성의 콘크리트 구조물을 만드는 기술이 요구된다.

자가치유 콘크리트 방수 시스템은 방수성능과 내염해성(耐鹽害性) 및 내산성(耐酸性)을 가지는 소재로서 콘크리트를 만들 때 혼합하여 시공할 경우 물리·화학적 작용을 통해 철근부식이 방지되고, 수밀한 콘크리트 경화체와 내수성이 강한 수화조직이 생성되므로, 투수 및 흡수성이 감소되어 고내구성의 콘크리트를 제조 할 수 있는 친환경적인 특허 공법이다.

본 신청기술은 방수성능뿐만 아니라 콘크리트에 발생하는 균열을 자가치유(Self-Healing)하는 기능으로 콘크리트 내구성을 증가시킨다. 이를 통해 시공 효율성의 증대는 물론 공정 단순화, 공기단축, 공사비 절감, LCC(Life Cycle Cost : 생애주기비용) 절감 등의 효과를 얻을 수 있는 친환경적이고 경제적인 결정체 성장형 자가치유 콘크리트 방수 시스템의 기술적인 효과는 그림8과 같다.

[그림8] 자가치유 콘크리트 구성과 효과

구분	주요내용	구성 및 효과
재료 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 자가치유기능으로 영구적인 방수능을 갖는 친환경 혼화재료</li> <li>• 콘크리트의 열화를 지연시키고 부동태 피막의 형성 및 파괴 방지로 철근 부식 억제기능 확보</li> <li>• 규산질 미분말과 유,무기 복합 화학물질에 의한 수밀성 증대</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 방수성 향상기술</li> <li>• 내구성 향상기술</li> <li>• 친환경 공법</li> </ul>
시공 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 배치플랜트에서의 혼합을 통한 품질 균일성 확보</li> <li>• 각종 화학혼화제와 우수한 호환성 확보</li> <li>• NSF 인증을 통한 친환경성 인증</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 품질 균일한 시공기술</li> <li>• 화학 혼화제와 호환성</li> <li>• 인체에 무해한 공법</li> </ul>





## <별첨> 신청서 부록


(결정체성장형 자가치유 콘크리트 방수시스템)

(주)칠만페네트론

## 목 차

1. 특허증 제10-1368992(콘크리트 혼입용 분말형방수제).....	23
2. 한국산업표준 KS F 4926 시험성적서 콘크리트 분말형 혼입방수재(건설기술연구소).....	24
3. NSF 61 인증서 (미국 국제위생안전기관 National Sanitation Foundation).....	25
4. CE 인증서 (유럽연합 통합안전인증 Communaute Europeenne Marking).....	26
5. ISO 14001:2004 환경 관리 인증서.....	27
6. 창이공항 균열 자가치유 리포트(SETSCO).....	28
7. 내화학적 테스트 리포트(University of Bologna).....	45
8. 내수압 테스트 리포트(IPT).....	50
9. 내수압 테스트 리포트(MFPA).....	53

[첨부 1] 특허증 제10-1368992(콘크리트 혼입용 분말형방수제)



# 특 허 증

CERTIFICATE OF PATENT

<b>특 허 제 10-1368992 호</b> <small>(PATENT NUMBER)</small>	<b>출원번호</b> <small>APPLICATION NUMBER</small>	<b>제 2013-0134053 호</b> <small>제출일</small> <small>2013년 11월 06일</small> <b>등록일</b> <small>2014년 02월 24일</small>
---	--	---

**발명의명칭 (TITLE OF THE INVENTION)**  
 콘크리트 혼입용 분말형구제방수제


**특허권자 (PATENTEE)**  
 등록사항란에 기재

**발명자 (INVENTOR)**  
 등록사항란에 기재

**위의 발명은 「특허법」에 따라 특허등록원부에 등록되었음을 증명합니다.**


(THIS IS TO CERTIFY THAT THE PATENT IS REGISTERED ON THE REGISTER OF THE KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE.)

2014년 02월 24일



## 특 허 청 장 김 영

COMMISSIONER, THE KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE



만자등록료 납부일은 출원등록일 이후 4년자부터 매년 02월 24일까지이며 등록원부부 관리관계를 확인해드립니다.

[첨부 2] 한국산업표준 KS F 4926 콘크리트 분말형 혼입방수재(건설기술연구소)

서울과학기술대학교 건설기술연구소

139-743 - 서울특별시 노원구 공릉길 232  
TEL : (02) 977-6697 FAX : (02) 977-2966

## 품질 시험 성적서

TEST REPORT

발급번호 : 제 1303 - 03 호

업 체 명 : 페네트론 코리아

주 소 : 서울시 동대문구 청량리 2동 526

접 수 일 : 2012년 03월 30일

시험(검사)완료일 : 2013년 03월 04일

시 료 명 : PENETRON ADMIX

### 시험 결과

시험 항목	단위	품질 기준	결과치	시험 방법
응결 시간차	분	-60에서 +60	+40	KS F 4926 : 07 『콘크리트 혼입용 방수재』
		-60에서 +60	+40	
경시 변화에 따른 공기량 변화	%	±1.5 이내	-0.8	
길이 변화율	%	0.1 이하	0.03	
동결 융해에 대한 저항 성능	상대 동탄성 계수	80 이상	93	
	재령 28일 압축 강도 비율		97	
탄산화 깊이비		기준 콘크리트의 0.8 이하	0.68	
압축 강도비	재령 7일	기준 콘크리트의 1.0 이상	1.14	
	재령 28일		1.31	
물흡수 계수비	-	기준 모르타르의 0.7 이하	0.53	
투수비	-	기준 모르타르의 0.7 이하	0.57	
염소 이온 침투 깊이	mm	3.0 이하	1.72	

시험 자 : 김 윤 호 (02-977-6697)

시험 관 리 자 : 오 상 근 (02-977-6697)

※ 용 도 : 품질관리용

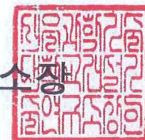
※ 본 연구소는 건설기술관리법 시행령 제 48조 8항의 국·공립시험기관(품질검사전문기관)임.

※ 비 고 : 이 시험성적서는 용도 이외의 사용을 금하며 선전, 소송 및 기타 법적으로 사용할 수 없음.

상기내용은 의뢰자가 제공한 시료의 시험(결과)이며, 시료명은 의뢰자가 제시한 것임.

2013년 03월 11일

서울과학기술대학교 건설기술연구소장



총 2페이지 중 1페이지

# NSF International

RECOGNIZES

ICS PENETRON INTERNATIONAL LTD.

Facility: ALLENTOWN, PA

AS COMPLYING WITH NSF/ANSI 61 AND ALL APPLICABLE REQUIREMENTS.

PRODUCTS APPEARING IN THE NSF OFFICIAL LISTING ARE  
AUTHORIZED TO BEAR THE NSF MARK.



ANSI Accredited Program  
Accredited by the  
American National  
Standards Institute



Certification Program  
Accredited by the  
Standard Council  
of Canada

This certificate is the property of NSF International and must be returned upon request. For the most current and complete information, please access NSF's website ([www.nsf.org](http://www.nsf.org)).

July 13, 2009  
Certificate# C0027743 - 01

David Parkiss, General Manager  
Water Distribution Systems

[첨부 4] CE 인증서 (유럽연합<EU>통합안전인증 Communaute Europeenne Marking)

CERTIFICATE

Notified Body off CERT  
off Technologie & Innovation GmbH  
Arsenal, Objekt 213, Franz-Gill-Strasse 5  
1030 Vienna  
AUSTRIA



## Certificate of Factory Production Control

### 1085-CPD-0040

In compliance with the Directive 89/106/EEC of the Council of European Communities of 21 December 1989 on the approximation of laws, regulations and administrative provisions of the Member States relating to the construction products (Construction Products Directive - CPD), amended by the Directive 93/68/EEC of the Council of European Communities of 22 July 1993, it has been stated that the construction products

Products and systems for the structural and non-structural protection and repair of concrete structures

PENETRON  
PENECRETE  
PENETRON PLUS  
PENEPLUG

produced by the manufacturer

ICS Penetron International Ltd.

45 Research Way, Suite 203  
11733 East Setauket (New York)  
USA

in the factory

Allentown (Pennsylvania) / USA

are submitted by the manufacturer to the initial type-testing of the product and a factory production control and that the notified body off CERT of the off Technologie & Innovation GmbH, Vienna, Austria has performed the initial inspection of the factory and of the factory production control and performs the continuous surveillance, assessment and approval of the factory production control. This certificate attests that all provisions concerning the attestation of factory production control described in Annex ZA of the standards

EN 1504-3:2005

are applied.

(This certificate was first issued on 2009-01-07 and remains valid as long as conditions laid down in the harmonised technical specification in reference or the manufacturing conditions in the factory or the factory production control itself are not modified significantly.)

Vienna, 2009-01-07

The certificate is available at <http://www.offcert.at>. There are more details in German about the validity of the certificate or a possible alternative use and/or use as a reference.



Dr. Lido Popplinger  
Notified body off CERT  
No. 1085





**American Systems Registrar, LLC**, a provider of third-party system registration and accredited by the ANSI-ASQ National Accreditation Board for Registrars of Environmental Management Systems, attests that:

## ***PENETRON / BLEND-PRO***

***PENETRON***  
***45 RESEARCH WAY – SUITE 203***  
***EAST SETAUKET, NY 11733***

***BLEND-PRO***  
***601 S. 10<sup>TH</sup> STREET***  
***ALLENTOWN, PA 18103***


with a scope of:

***FORMULATING, MANUFACTURING AND MARKETING OF  
SPECIALTY PRODUCTS FOR WATERPROOFING, CONCRETE  
PROTECTION, FLOOR PROTECTION, CONCRETE RESURFACING  
AND MOISTURE MITIGATION PRODUCTS***

has established an environmental management system that conforms to the Environmental Management System Standard

### **ISO 14001:2004**

ASR Certificate Number: 5080  
Date of Certification: January 1, 2013  
Date of Certification Expiration: December 31, 2015  
Date of Initial Registration: January 1, 2013  
Revision:

  
President

## **CERTIFICATE OF REGISTRATION**

[첨부 6] 창이공항 균열 자가치유성능 리포트(SETSCO)



SETSCO SERVICES PTE LTD

18 Teban Gardens Crescent  
Singapore 608925  
Tel: (65) 566 7777  
Fax: (65) 566 7718  
Website: www.setsco.com

Our Ref: A6127/CHF

Date: 25/10/02

**TEST REPORT**

Page 1 of 4

(This Report is issued subject to the terms & conditions set out below)

**MICROSCOPIC ANALYSIS ON THE CONCRETE  
CORES FROM RETAINING WALL  
AT CHANGI AIRPORT TERMINAL 3**

*Prepared for:*

**REVERTON ENGINEERING (S) PTE LTD**

605A MacPherson Road #06-02

Citimac Industrial Complex

Singapore 368240

Attn: Mr. Gary Loh

*Report prepared by:*

Chen Hong Fang

Senior Engineer

Construction Technology Division

*Report reviewed and approved by:*

Wong Chung Wan

Divisional Director

Construction Technology Department

**Terms & Conditions:**

- (1) The Report is prepared for the sole use of the Client and is prepared based upon the Item submitted, the Services required by the Client and the conditions under which the Services are performed by SETSCO. The Report is not intended to be representative of similar or equivalent Services on similar or equivalent Items. The Report does not constitute an endorsement by SETSCO of the Item.
- (2) SETSCO agrees to use reasonable diligence in the performance of the Services but no warranties are given and none may be implied directly or indirectly relating to the Services, the Report or the facilities of SETSCO.
- (3) The Report may not be used in any publicity material without the written consent of SETSCO.
- (4) The Report may not be reproduced in part or in full unless approval in writing has been given by SETSCO.
- (5) SETSCO shall under no circumstances be liable to the Client or its agents, servants or representatives, in contract, tort (including negligence or breach of statutory duty) or otherwise for any direct or indirect loss or damage suffered by the Client, its agents, servants or representatives howsoever arising or whether connected with the Services provided by SETSCO herein.





## 1. INTRODUCTION

Cracking and seepage of water on the retaining wall at Changi Airport Terminal 3 was reported by Reverton Engineering (s) Pte Ltd (herein refers to as the Client). SETSCO has been engaged by the Client to carry out laboratory analysis to determine the crack width and crystal growth in the crack on the concrete cores extracted from the said structure.

The proposed basement was constructed with three sides of wall, labelled as wall 1-3 in this report (refer to figure 1 in Appendix). Thickness of the wall was about 600mm. PENETRON waterproofing admixture was said to be used in the concrete. Water leakage was found along the crack line and tie pin after backfill. However, the water leakage has been stopped on wall 1, which was cast somewhere in 2001. On wall 3, water leakage from the tie pin or crack was noticed during extraction of cores on 05/10/2002. Sign of efflorescence was found on all three sides of the walls. Most of the efflorescence emanated from the tie pins, but cracks with some sign of efflorescence were also noted at some areas (Refer to the photographs in Appendix).

A total of three core samples were extracted from wall 1. Samples S1 and S3 were extracted from crack area while sample S2 was taken at the tie pin. During extraction, the cores were drilled to a depth of 400mm but due to the presence of reinforcement, the length of the core S3 removed was only 240mm.

## 2. MICORSCOPIC ANALYSIS

The microscopic analysis was performed on a ground section using a stereo microscope and metallurgical microscope and on a thin section with a polarising and fluorescent microscope (PFM) under transmitted and reflected light. For preparation of the ground section, a small block of the sample was cut and ground to attain a smooth finish. For preparation of a thin section, a small concrete block was sawn from the core sample, glued to an object glass and impregnated with an epoxy resin containing a fluorescent dye. After hardening of the epoxy, a thin section with a surface area of approximately 33 x 63 mm and a thickness of 20-30um was prepared for PFM analysis.



Under transmitted light, the various components (type of cement and aggregates), air voids content, compaction pores and damage phenomena in the samples were identified. Under reflected light, the fluorescent microscopy made it possible to study the homogeneity of the mix and the cement paste, capillary porosity, microcracks and other defects in the samples. Scanning Electron Microscope (SEM) and Energy Dispersive X-ray (EDX) Analysis technique was also applied for semi-quantitatively analysis of the element composition of the crystals present in the crack and topography of the crystals.

In summary, SEM utilises a beam of electrons in a vacuum environment to form an image of the surface topography of a sample. Such magnified images are characterised by a high level of resolution and good depth of view. The characteristic X-ray emitted from the sample surface upon being irradiated with the electrons are then analysed using an EDX accessory/detector that is coupled to the SEM, allowing evaluation of the % elemental content at the irradiated areas/spots on the sample

### 3. RESULTS

#### *i) Visual examination*

The length of the cores varied from 240mm to 310mm. Crack perpendicular to the surface was noted in samples S1 and S3. The width of the crack ranged from 0.04mm to 0.3mm. The paste matrix appeared light grey in colour while the paste matrix was noted to be generally light grey.

Thin sections were prepared at the top of sample S2 and end of sample S3 for further microscopic analysis. Stereo microscope and SEM-EDX analysis were performed on sample S3 to determine the presence of the crystals in the crack and their elemental composition.

#### *ii) Microscopic analysis*

Under stereo microscope, a lot of coarse-grained elongated crystals were seen lining the crack. Thin section of sample S3 showed that coarse-grained elongated crystals and fine-grained needle-like crystals in the crack. All these crystals showed low birefringence under crossed polarised microscope.



Further scanning electron microscope and energy dispersive x-ray analysis was performed on the crystals present in the crack. The coarse-grained elongated crystal (BEI image in Appendix) contained mainly *Calcium* (Ca), *Oxygen* (O) and *Silicon* (Si). The fine-grained needle-like crystal was predominantly made up of *Calcium* (Ca), *Silicon* (Si), *Oxygen* (O), *Sulfur* (S), *Aluminium* (Al), which was probably ettringite ( $C_6A_2S_3H_{32}$ ).

Well-formed  $CaCO_3$  crystals were present as laminated texture on the surface of sample S2.

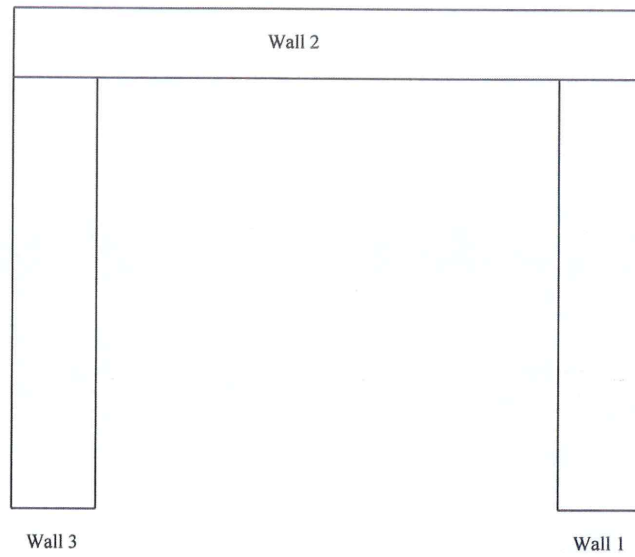


Figure 1: The layout of the retaining wall

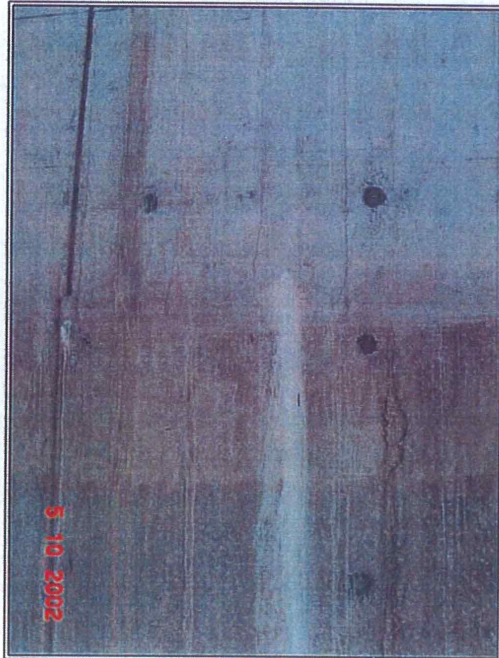
## Casting date of extracted cores

<i>Sample reference</i>	<i>Date of cast</i>
S1	19/12/2001
S2	19/12/2001
S3	06/08/2001

A6127/CHF



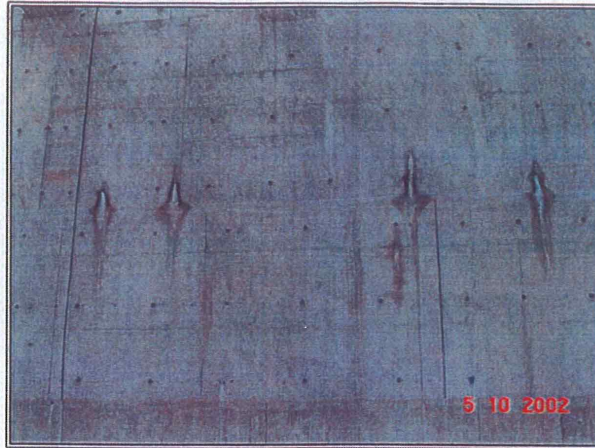
A crack connecting with tie pin with sign of efflorescence was observed on wall 1.



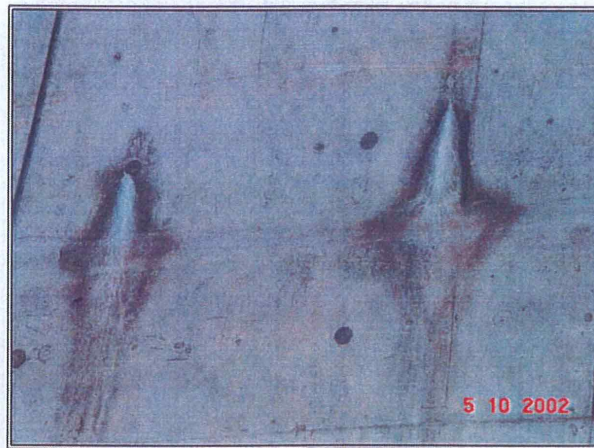
Sign of efflorescence was found along the crack line on wall 1.

APPENDIX - 3

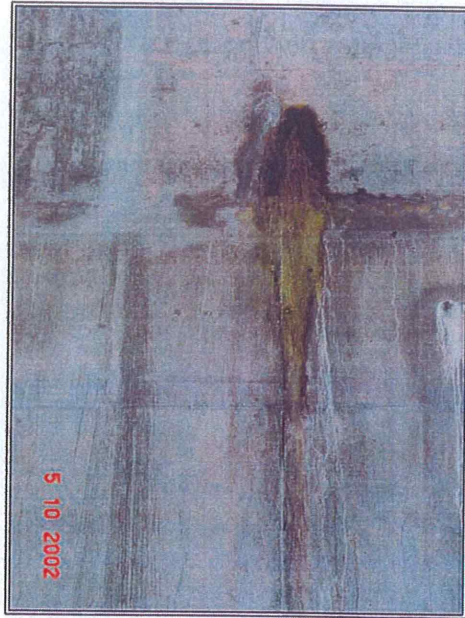




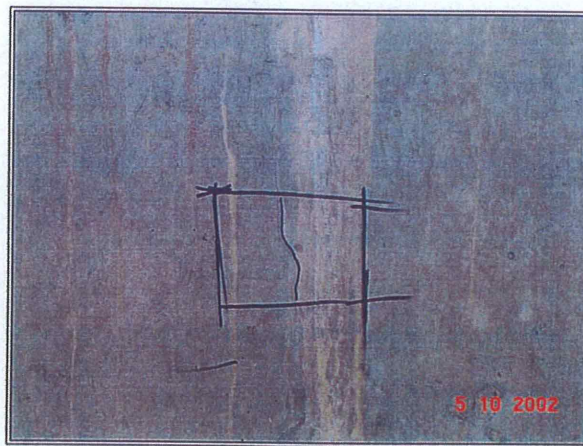
Sign of efflorescence with water marks were noted on wall 3.



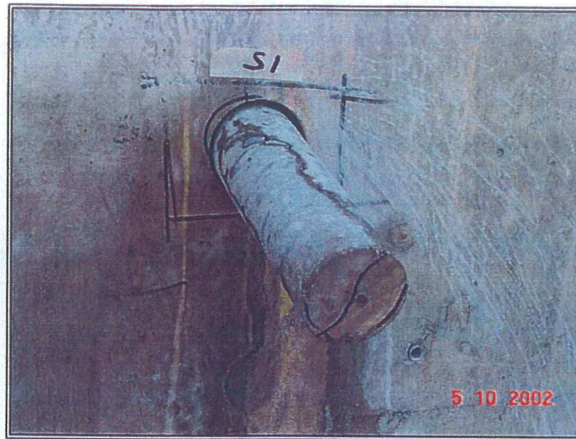
Close view of the sign of efflorescence accompanied with water marks were noted on wall 3.



Brownish staining with water leakage was on wall 3.



The location of sample S1 extracted at the cracked area on wall 1.



A 75mm diameter core containing a crack at wall 1 was extracted for laboratory analysis.



A crack perpendicular to the exposed surface was seen in core S1.

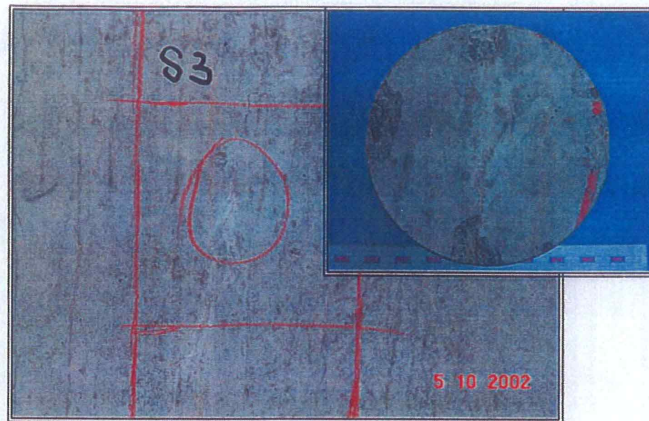




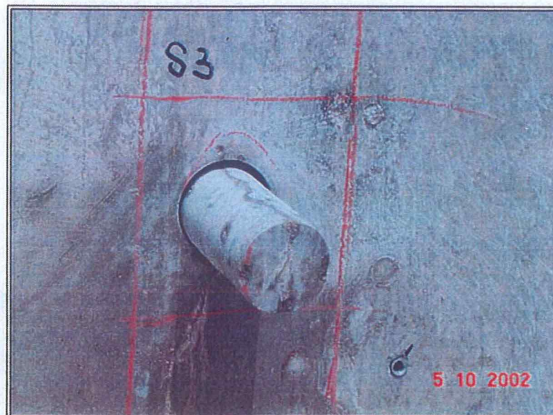
Core S2 was extracted at the tie pin on wall 1.



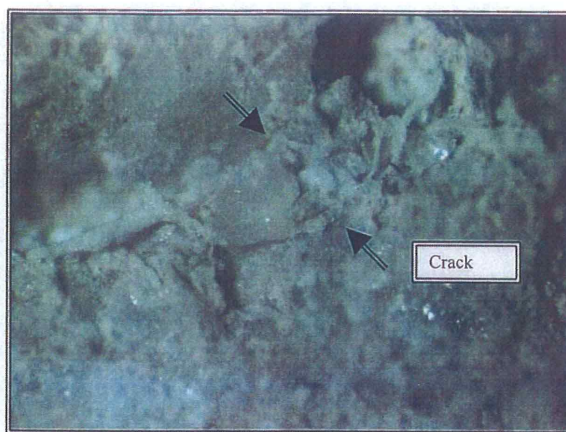
Relative thick whitish substance was on the surface of core S2.



Sign of efflorescence was found along the crack line where core S3 was taken on wall 1.



A crack perpendicular to the exposed surface was seen in core S3.

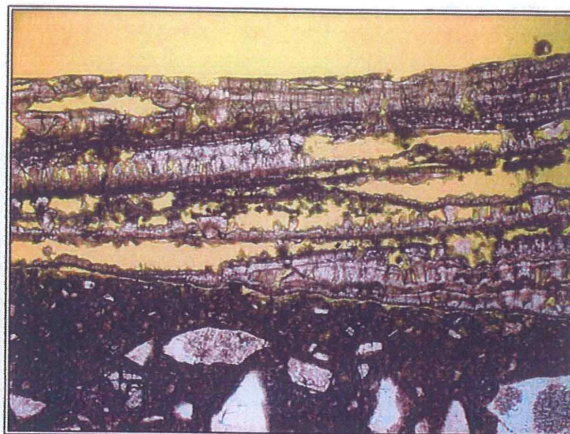


Sample S3: Some crystals grew in the crack.



Sample S3: Abundant coarse-grained crystals in the crack.





Sample S2: Laminated  $\text{CaCO}_3$  crystals on the surface of the concrete. The width of the field is 3.88mm under plane light.



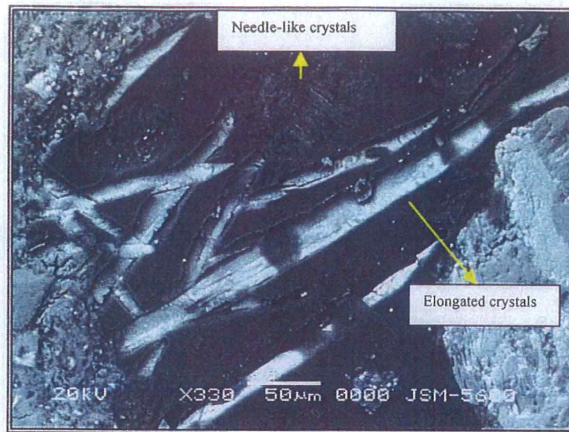
Sample S2: Laminated  $\text{CaCO}_3$  crystals on the surface of the concrete. The width of the field is 3.88mm under crossed polarised light.



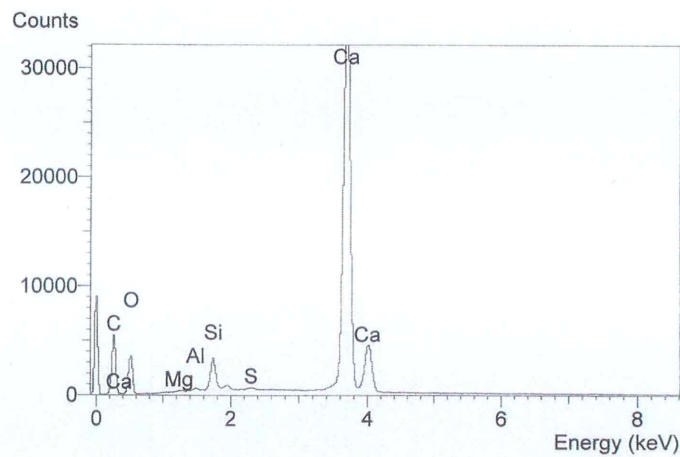
Sample S3: Coarse-grained elongated crystals and fine-grained needle-like crystals were lining the crack. The width of the field is 3.88mm under plane light.



Sample S3: Backscattered electron image (BEI) showed some crystals was in the crack.



Sample S3: Backscattered electron image (BEI) showed elongated crystals and fine needle-like crystals in the crack.

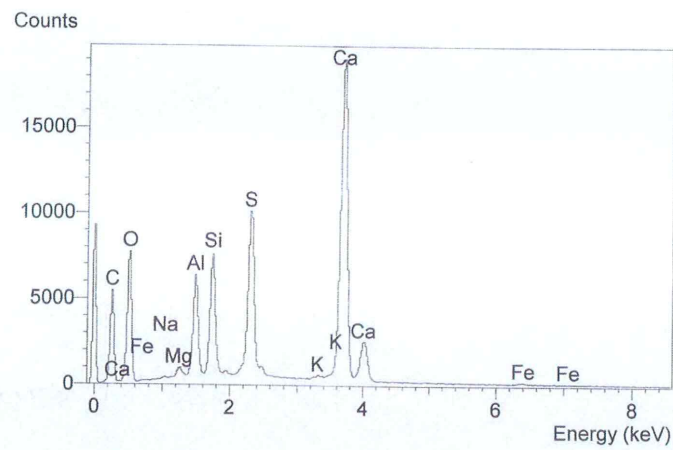


EDX spectrum of elongated crystals in the crack.





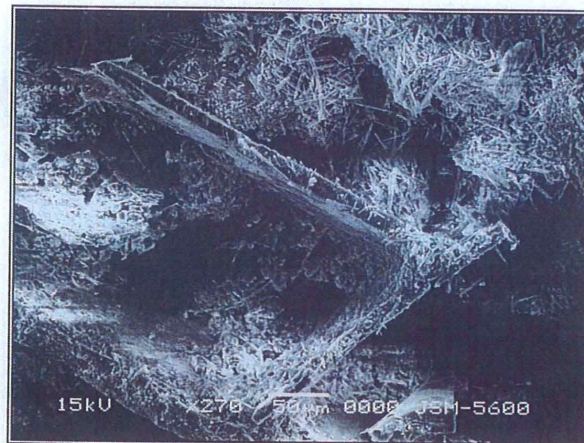
Sample S3: High magnified view of needle-like crystals in the crack.



EDX spectrum of needle-like crystals in the crack.



Sample S3: Secondary electron image (SEI) showed coarse-grained flaky crystals in the crack.



Sample S3: SEI image showed the crystals in the crack.

Certificate no.

37/2005

page 1 of 4



Bologna, 29 June 2005  
Management and Administration  
Piazza Porta S. Donato, 1  
Tel. 051.209.4900 - Fax 051.209.4904

**University of Bologna  
Department of Earth, Geological  
and Environmental Sciences**

Dr. Giorgio Gasparotto  
Piazza di Porta S. Donato, 1  
I-40126 Bologna, Italy  
E-Mail: gaspar@geomin.unibo.it

Certification not subject to tax duty inasmuch as it refers to a non-institutional activity (under the terms of Presidential Decree DPR 642/72 arts. 3 and 4 and paragraphs 1)

**Client:**  
**DITRON S.r.l.**  
**Via Rua Muro, 62**  
**41100 Modena (MO)**

For the Attention of:  
Dr. Bonatti

**Subject:** Verification of resistance to chemical attack on ten (10) cylindrical concrete test pieces made on your behalf at the Laboratorio del Consorzio Cave (Quarry Consortium Laboratory) of Bologna.

Please find enclosed the report regarding the verification of resistance to chemical attack as stated in the subject, commissioned on your behalf by Dr. Giovanni Rabachin – via G. Breda, 6 – 35040 Vescovana (PD), in his letter of request of 4 April 2005.

The report consists of 4 pages, this page included.

Yours sincerely,

The Analyst

**Dott. Giorgio Gasparotto**

Handwritten signature of Dott. Giorgio Gasparotto.

The Head of Department

**Prof. Piermaria Luigi Rossi**

Handwritten signature of Prof. Piermaria Luigi Rossi.

**Report on the resistance to chemical attack conducted on a total of 10 cylindrical concrete samples**

On 4 April 2005 ten (10) cylindrical concrete test pieces, divided into two batches, each consisting of 5 pieces, were delivered to the writer by Dr Giovanni Rabachin;

**1<sup>st</sup> batch: "Concrete B"** – defined as white, i.e. concrete made without adding PENETRON ADMIX

**2<sup>nd</sup> batch: "Concrete PA"** – defined as concrete made adding PENETRON ADMIX in percentages of 2% <sub>weight</sub> of the weight of the cement.

The table below shows the declared composition of the concrete used for making the test pieces:

INGREDIENTS	Concrete "B"		Concrete "PA"	
	Kg	l	Kg	l
W/C Ratio	0,45		0,45	
Ptl cement 42.5 R	400	130	400	129
Water	180	180	180	180
Sand 0-3 mm	780	290	780	290
Gravel 3-8 mm	590	220	590	220
Gravel 8-12 mm	400	150	400	150
Superplasticizer	10	8	10	8
Entrapped air		22		19
PENETRON ADMIX	/	/	8	3
TOTALS	2360	1000	2368	1000

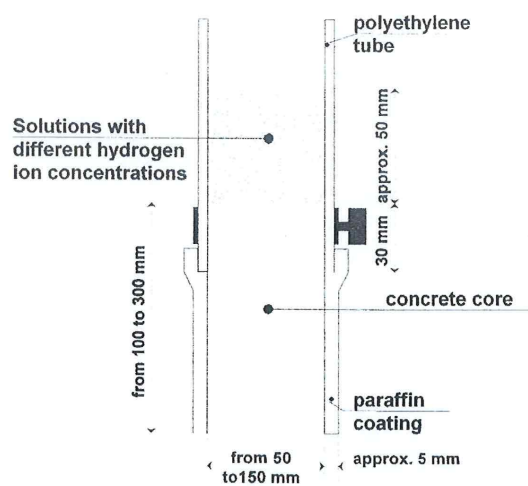
The test pieces were made at the Laboratorio del Consorzio Cave (Quarry Consortium Laboratory) of Bologna and cured there for 28 days in a climatic test chamber at  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  and  $95\% \pm 3$  RH. They were then conditioned in air with a RH of  $65\% \pm 3$  at a temperature of  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  until a constant density was reached, evaluated by 2 weighings carried out at 24-hour intervals and with a difference in density inferior to 0.1%.

We were requested to verify the resistance to chemical attack of these samples using solutions containing different hydrogen ion concentrations.

To this end, we adopted the types of chemical solutions and applied the time intervals used by "SHIMEL and SOR TESTING LABORATORIES, INC.", utilizing 5 chemical solutions and carrying out the observations after 7 and 28 days of exposure.

As regards methodology, we used the methods laid down in the Standards **UNI no. 7928** and **no. 8019** respectively - "Concrete: Determination of penetrability of Chloride ions and Sulfate ions".

In figure 1 below, the diagram illustrates the operating methods applied.



For the visual evaluation of chemical resistance, we applied the terms laid down in the Standard UNI EN ISO 10545 – 13/7, "Determination of chemical resistance - unglazed tiles".



**Results of the observations:**

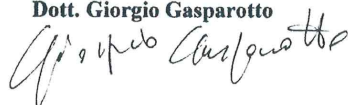
The table below shows the resistance classes drawn up according to the criteria laid down in Standard UNI EN ISO 10545 – 13.

Test solution used		Resistance class "Concrete B" WHITE concrete		Resistance class "Concrete PA" concrete + PENETRON ADMIX	
TYPE of solution	Solution with pH	Observations after 7 days	Observations after 28 days	Observations after 7 days	Observations after 28 days
HCl <sub>dil</sub>	3	UHC	UHC	UHA	UHB
H <sub>2</sub> SO <sub>4dil</sub>	3	UHB	UHC	UHA	UHA
HCl <sub>dil</sub> + H <sub>2</sub> SO <sub>4dil</sub>	4	UHC	UHC	UHA	UHB
CaCl <sub>2</sub>	7	UA	UA	UA	UA
NaOH	11	ULA	ULA	ULA	ULA

CLASSIFICATION - Legend	
U = unglazed working surface	
G = glazed working surface	
L = Low concentration chemical products	
H = High concentration chemical products	
Class A	No Visible Effect
Class B	Visible Effects on Cut Edges
Class C	Visible Effects on Cut Edges and Penetrating into the Surface

The Analyst

Dott. Giorgio Gasparotto



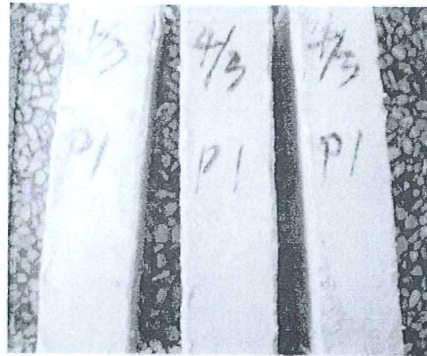
The Head of Department

Prof. Piermaria Luigi Rossi

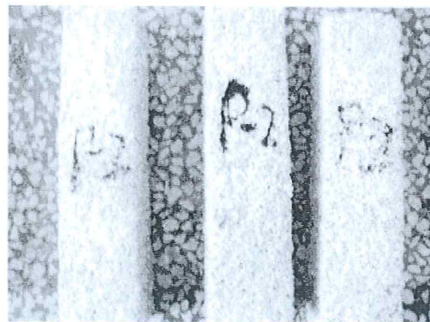




APPENDIX



The picture of Penetron specimens soaked into  $H_2SO_4$  for 60days



The picture of control martars soaked into  $H_2SO_4$  for 60days



The picture of Penetron Admix modified mortars soaked into  $H_2SO_4$  for 60days

[첨부 8] 내수압 테스트 리포트(IPT)

**PENETRON**  
INTERNAL CAPILLARY CONCRETE WATERPROOFING SYSTEMS

**IPT**  
Instituto de Pesquisas Tecnológicas

Penetration of water under pressure – NBR 10.787/94 (April 2007)  
Concrete: CII-E 32  
at  
IPT (Technological Research Institute of São Paulo State), Brazil



T O T A L   C O N C R E T E   P R O T E C T I O N

**PENETRON**  
INTERNAL CAPILLARY CONCRETE WATERPROOFING SYSTEMS

**IPT**  
Instituto de Pesquisas Tecnológicas

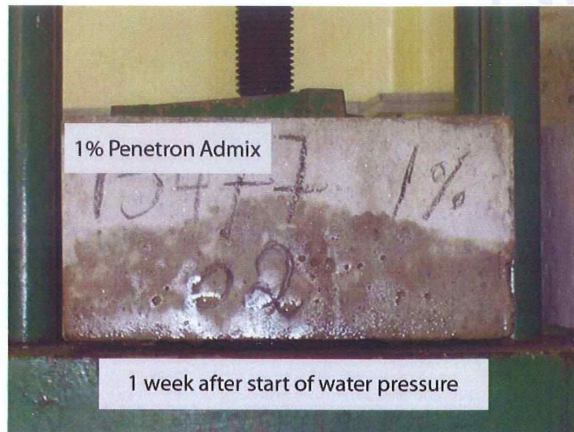
Penetration of water under pressure – NBR 10.787/94 (April 2007)  
Concrete: CII-E 32

<b>Applied water pressure:</b>	
• 1st and 2nd day:	0,1MPa
• 3rd day:	0,3MPa
• 4th to 7th day:	0,7MPa

Item	Specification
Cement consumption CII-E32	350kg/m <sup>3</sup>
Compressive strength	20MPa
Fine sand	388kg/m <sup>3</sup>
Course aggregate 0	421kg/m <sup>3</sup>
Course aggregate 1	632kg/m <sup>3</sup>
Water	192kg/m <sup>3</sup>
Superplasticizer	0,3% to 0,4%/m <sup>3</sup>
Slump test	90±10mm
w/c ratio	0,54
Penetron Admix	1% by weight of cement

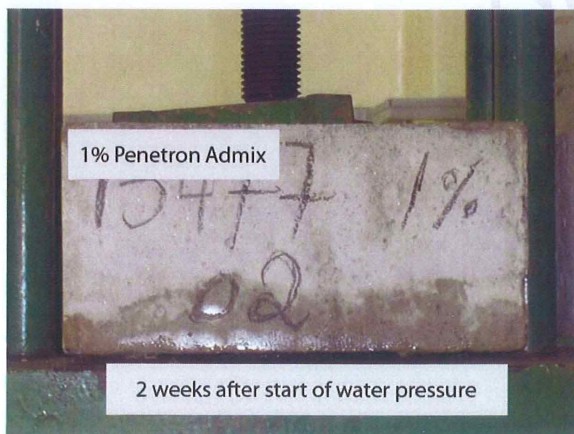
T O T A L   C O N C R E T E   P R O T E C T I O N

Penetration of water under pressure – NBR 10.787/94 (April 2007)  
Concrete: CII-E 32



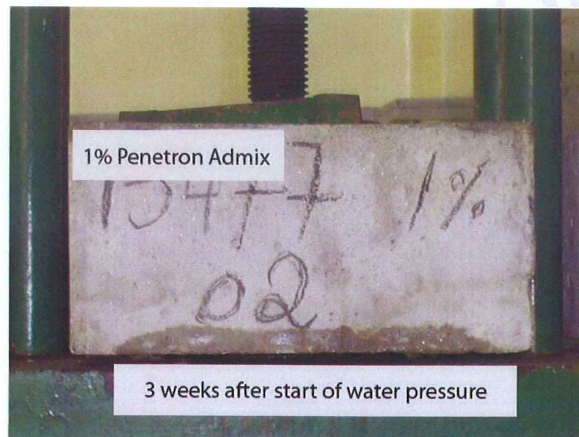
T O T A L   C O N C R E T E   P R O T E C T I O N

Penetration of water under pressure – NBR 10.787/94 (April 2007)  
Concrete: CII-E 32



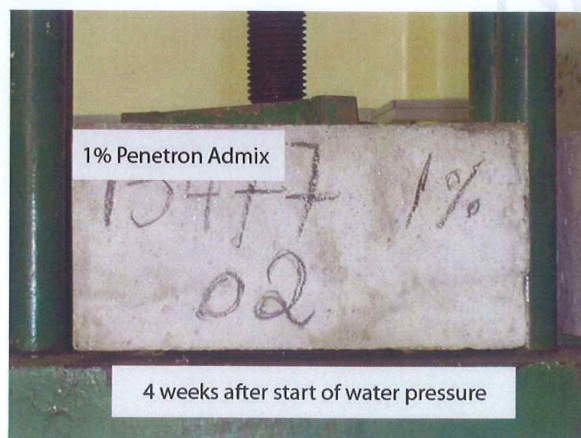
T O T A L   C O N C R E T E   P R O T E C T I O N

Penetration of water under pressure – NBR 10.787/94 (April 2007)  
Concrete: CII-E 32



T O T A L   C O N C R E T E   P R O T E C T I O N

Penetration of water under pressure – NBR 10.787/94 (April 2007)  
Concrete: CII-E 32



T O T A L   C O N C R E T E   P R O T E C T I O N



[첨부 9] 내수압 테스트 리포트(MFPA)

**PENETRON**  
INTEGRAL CAPILLARY CONCRETE WATERPROOFING SYSTEMS

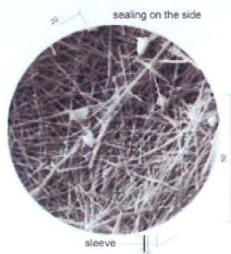
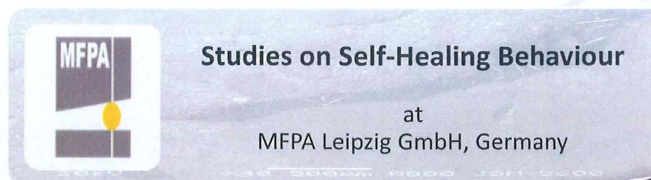
**IPT**  
Instituto de Pesquisas Tecnológicas

Penetration of water under pressure – NBR 10.787/94 (April 2007)  
Concrete: CPII-E 32



T O T A L   C O N C R E T E   P R O T E C T I O N

**PENETRON**  
INTEGRAL CAPILLARY CONCRETE WATERPROOFING SYSTEMS



T O T A L   C O N C R E T E   P R O T E C T I O N

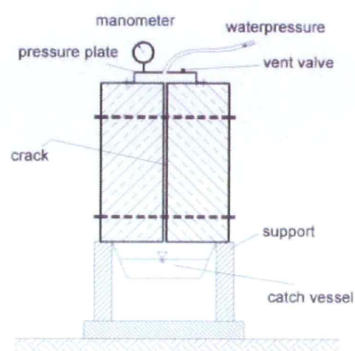
Studies on Self-Healing Behaviour (MFPA Leipzig, Germany)

Concrete mixture for self-healing test

Mixture 1B	
Type of cement	CEM I 32.5 R
Proportion of cement	330kg/m <sup>3</sup>
Aggregates	Sand 0/2; Gravel 2/8; Gravel 8/16
w/c ratio	0.5
Additive	3.3 l/m <sup>3</sup>
Penetron Admix	1% by weight of cement
Apparent density	2.35kg/dm <sup>3</sup>
Strength class	C 30/37

T O T A L   C O N C R E T E   P R O T E C T I O N

Studies on Self-Healing Behaviour (MFPA Leipzig, Germany)



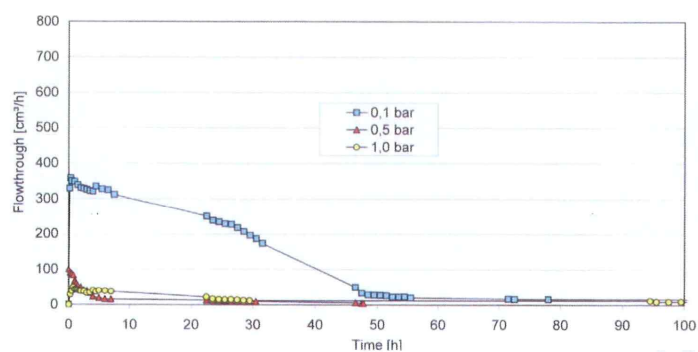
Item	Specification
Concrete	C30/37 with 1% Penetron Admix
Test age	Approx. 28 days
Test liquid	Tap water (from the local network)
Crack width	0.2; 0.25 and 0.3mm
Crack length	20cm
Flowthrough length	50cm
Water pressure	0.1 bar, 0.5 bar, 1 bar (1m, 5m, 10m water column)

T O T A L   C O N C R E T E   P R O T E C T I O N



Studies on Self-Healing Behaviour (MFPA Leipzig, Germany)

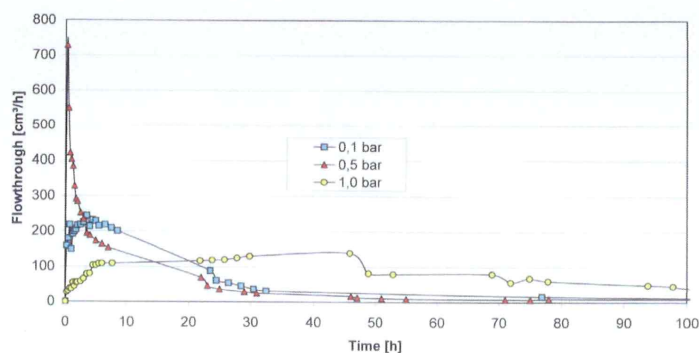
Flowthrough at  $w = 0.2 \text{ mm}$



TOTAL CONCRETE PROTECTION

Studies on Self-Healing Behaviour (MFPA Leipzig, Germany)

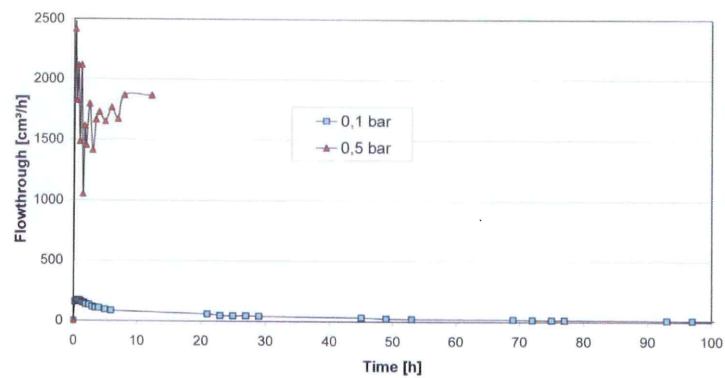
Flowthrough at  $w = 0.25 \text{ mm}$



TOTAL CONCRETE PROTECTION

Studies on Self-Healing Behaviour (MFPA Leipzig, Germany)

Flowthrough at  $w = 0,3 \text{ mm}$



TOTAL CONCRETE PROTECTION

Studies on Self-Healing Behaviour (MFPA Leipzig, Germany)

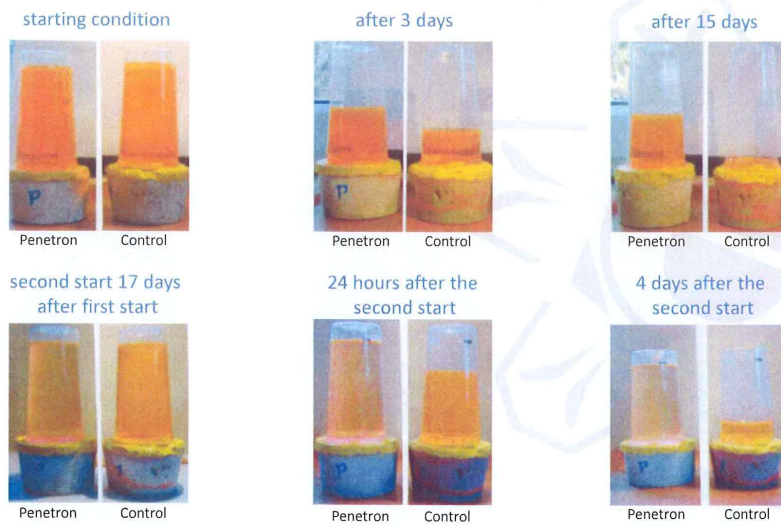
Width of crack	Initial flowthrough $q_0$ (dm³/h)		
	$p=1 \text{ mWS (l=2)}$	$p=5 \text{ mWS (l=10)}$	$p=10 \text{ mWS (l=20)}$
$w = 0.2\text{mm}$ calculated	0.48	2.4	1.8
$w = 0.2\text{mm}$ test readings with Penetron	0.36	0.09	0.05
$w = 0.25\text{mm}$ calculated	0.93	4.6	9.3
$w = 0.25\text{mm}$ test readings with Penetron	0.25	0.73	0.14
$w = 0.3\text{mm}$ calculated	1.60	8.0	16.0
$w = 0.3\text{mm}$ test readings with Penetron	0.17	2.4	---

TOTAL CONCRETE PROTECTION

## PENETRON<sup>®</sup>

INTEGRAL CAPILLARY CONCRETE WATERPROOFING SYSTEMS

### Demonstration of crystallization time

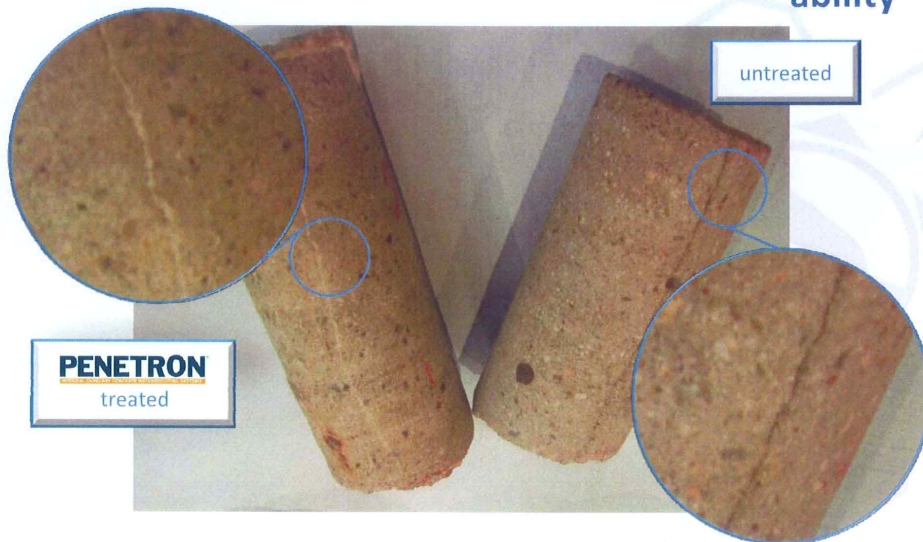


TOTAL CONCRETE PROTECTION

## PENETRON<sup>®</sup>

INTEGRAL CAPILLARY CONCRETE WATERPROOFING SYSTEMS

### Penetron's crack sealing ability



TOTAL CONCRETE PROTECTION